

## JURNAL

# ***SELF HEALING CAPABILITY* BETON DENGAN PERSENTASE *FLY ASH* 0%, 20%, 25%, 30%, 35%, 45% DAN 55% SEBAGAI PENGANTI SEBAGIAN SEMEN DITINJAU DARI *WORKABILITY*, KUAT TEKAN DAN PERMEABILITAS**



Oleh:

**DWI BEAUTY RATNAWURI HANAFI  
K1509014**

**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA  
2014**

# **SELF HEALING CAPABILITY BETON DENGAN PERSENTASE FLY ASH 0%, 20%, 25%, 30%, 35%, 45% DAN 55% SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN DITINJAU DARI WORKABILITY, KUAT TEKAN DAN PERMEABILITAS**

**Dwi Beauty Ratnawuri Hanafi<sup>1)</sup>, Rima Sri Agustin<sup>2)</sup>, Eko Supri Murtiono<sup>3)</sup>**

**Abstrak:** Tujuan penelitian ini: (1). Untuk mengetahui pengaruh *Self Healing Capability* dengan *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen terhadap *workability* beton. (2). Untuk mengetahui pengaruh *Self Healing Capability* dengan *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen terhadap kuat tekan beton. (3). Untuk mengetahui pengaruh *Self Healing Capability* dengan *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen terhadap permeabilitas beton. (4). Untuk mengetahui nilai optimal *Self Healing Capability* dengan *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen terhadap *workability*, kuat tekan dan permeabilitas. Hasil penelitian ini adalah (1). Untuk melihat *workability* dari *Self Healing Capability* beton, dilakukan pengujian *slump flow* dan *slump*, hasil pengujian *slump flow* terlihat bahwa kadar *fly ash* 55% mempunyai kecepatan sebaran diameter 500 mm ( $t_{500}$ ) paling cepat dibanding dengan penggantian kadar *fly ash* yang lain dan hasil pengujian *slump* menunjukkan semakin banyak penggantian persentase *fly ash* maka semakin tinggi nilai *slump*-nya. (2). Penggantian sebagian *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen diperoleh nilai tertinggi kuat tekan sebesar 35,819 MPa dari variasi 35% pada pengujian 56 hari, karena setelah 28 hari proses hidrasi masih berlangsung sehingga kuat tekan beton masih mengalami kenaikan. (3). Hasil pengujian permeabilitas yaitu semakin besar persentase pencampuran *fly ash*, maka semakin kecil nilai permeabilitasnya. Pada persentase *fly ash* 55%, pada pengujian 56 hari nilai permeabilitas yang dihasilkan adalah  $1.10^{-10}$  m/dt. Penurunan permeabilitas yang terjadi menunjukkan *Self Healing Capability*, namun hasil yang diperoleh belum memenuhi persyaratan ACI 301-729 yaitu hasil yang disyaratkan sebesar  $1.5.10^{-11}$  m/dt ( $1.5.10^{-9}$  cm/dt). (4). Penggantian *fly ash* optimal adalah sebesar 35% dengan nilai optimal dari *workability slump flow* 28,277 mm/dt, nilai optimal *workability slump* 13,043 cm, nilai optimal kuat tekan 35,819 MPa dan nilai optimal permeabilitas  $1.85E-09$  m/dt.

**Kata Kunci:** *Fly ash*, *workability*, kuat tekan, permeabilitas, *Self Healing Capability*

**Abstract:** The purpose of this research: (1). To determine the effect of Self Healing Capability with fly ash as a partial replacement of cement on concrete workability. (2). To determine the effect of Self Healing Capability with fly ash as a partial replacement of cement on concrete compressive strength. (3). To To determine the effect of Self Healing Capability with fly ash as a partial replacement of cement on concrete permeability. (4). To find the optimal value of Self Healing Capability with fly ash as a partial replacement of cement on the workability, compressive strength & permeability. The results of this study were: (1). To see the Self Healing Capability workability of concrete, slump flow testing & slump, slump flow test results shows that the fly ash content of 55% has a speed of 500 mm diameter distribution ( $t_{500}$ ) faster than most with replacement levels of fly ash and other test results Slump shows a growing number of fly ash replacement percentage, the higher its value Slump. (2). Partial replacement of fly ash as a partial substitution of cement obtained the highest score of 35.819 MPa compressive strength of variation of 35% at 56 days of testing, because after 28 days of hydration process still on going the compressive strength of the concrete still up. (3). The results of the permeability testing that the greater the percentage of mixing fly ash, the smaller the value of permeability. At 55% the percentage of fly ash, the 56 day testing the resulting permeability value is  $1.10^{-10}$  m/s. The decrease in permeability that occurs indicates Self Healing Capability, but the results haven't met the requirements of ACI 301-729 are required for result  $1.5.10^{-11}$  m/sec ( $1.5.10^{-9}$  cm/s). (4). Replacement fly ash is optimal at 35% with the optimal value of Workability Slump flow 28.277 mm/sec, the optimal value of 13,043 cm slump workability, the optimum value of 35,819 MPa compressive strength & permeability of the optimal value of  $1.85 E-09$  m/sec.

**Keywords:** Fly ash , workability, compressive strength , permeability , Self Healing Capability

1. Mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret
2. Staf Pengajar Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret
3. Staf Pengajar Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret

## PENDAHULUAN

Kebutuhan akan beton untuk pembangunan semakin meningkat, oleh karena itu beberapa ilmuwan mencari bahan yang dapat meningkatkan mutu beton, salah satu caranya yaitu mengganti semen dengan abu terbang (*fly ash*). *Fly ash* merupakan sisa pembakaran batu bara yang sangat halus yang berasal dari unit pembangkit uap (*boiler*). Peneliti memilih menggunakan abu terbang (*fly ash*) sebagai bahan pengganti semen karena dilihat dari bentuknya. *Fly ash* mempunyai bentuk berupa butiran bulat yang ukuran butirannya lebih kecil dari semen, maka dari itu *fly ash* dinilai lebih tepat sebagai pengganti sebagian semen. Selain itu, *fly ash* merupakan aditif mineral yang baik untuk beton karena material ini mempunyai kadar bahan semen ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ , dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) yang tinggi dan mempunyai sifat *pozzolanic*, yaitu bahan yang mengandung senyawa silika & alumina dimana bahan pozzolan itu sendiri tidak mempunyai sifat mengikat seperti semen, akan tetapi dengan bentuknya yang halus dan dengan adanya air, maka senyawa tersebut akan bereaksi dengan Kalsium hidroksida (hasil reaksi antara semen dan air) dan membentuk senyawa Kalsium Aluminat hidrat yang bersifat seperti semen (<http://rdianto.wordpress.com/>).

Penggantian sebagian semen dengan *fly ash* ini diharapkan dapat meningkatkan *workability*, kuat tekan dan permeabilitas beton. Kandungan yang ada pada *fly ash*, dapat memperlambat panas hidrasi dari beton tersebut, dimana pada saat umur 28 hari beton normal dianggap mempunyai kekuatan yang maksimum, sedang dengan penggantian *fly ash* setelah 28 hari diharapkan ada peningkatan kekuatan dan proses hidrasi terus berlangsung.

Jika kuat tekan meningkat dan koefisien permeabilitas beton menurun, maka hal ini menunjukkan pori pada beton terisi oleh *tobermorite* cadangan dari *fly ash*. Selain *fly ash* dapat memperlambat panas hidrasi, reaksi cadangan dari *fly ash* dapat mengisi pori-pori pada beton, sehingga

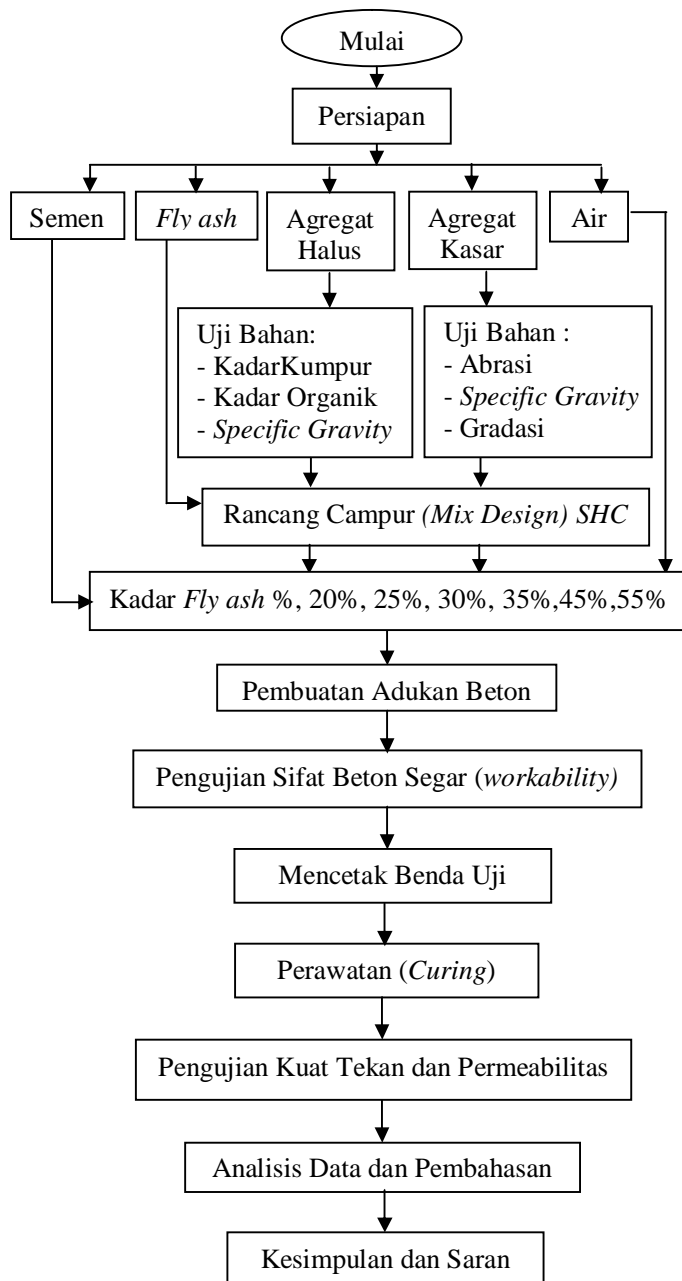
beton dapat mengantisipasi terjadinya retak sebelum dibebani (*Self Healing Capability*).

Tjokrodinuljo (2004: V-2), Unsur silikat dan aluminat yang reaktif akan bereaksi dengan  $(\text{Ca}(\text{OH})_2)$  yang merupakan hasil sampingan dari proses hidrasi antara semen portland dan air menjadi kalsium silikat hidrat ( $\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$  atau "*tobermorite*"). Sisa *fly ash* pada reaksi tersebut tersisa menjadi *tobermorite* cadangan. *Tobermorite* cadangan ini akan mengisi ruang yang kosong pada beton.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini termasuk dalam penelitian eksperimental, yang bertujuan untuk menyelidiki kemungkinan adanya hubungan antar variabel, yang dilakukan dengan memberikan suatu perlakuan terhadap obyek yang diteliti dalam kondisi terkontrol dengan urutan kegiatan yang sistematis dalam memperoleh data sampai data tersebut berguna sebagai dasar pembuatan keputusan/kesimpulan. Teknik pengumpulan data : data primer (data yang diperoleh dari hasil pengujian & pengamatan di laboratorium) dan data sekunder (data dari referensi yang berhubungan dengan penelitian yang dilaksanakan). Analisis data yang digunakan adalah analisis regresi, sebelum analisa regresi, diadakan pengujian prasyarat analisis berupa uji normalitas dan uji linearitas.

Berdasarkan gambar 1 terlihat bahwa, sebelum peneliti melakukan pengumpulan data, peneliti melakukan tahap pengujian bahan-bahan yang akan digunakan untuk pembuatan benda uji. Jika semua bahan telah memenuhi persyaratan yang ditentukan dalam spesifikasi SK SNI S-04-1989-F, data hasil pengujian bahan tersebut akan digunakan untuk rancang campuran (*mix design*) SHC, setelah diketahui hasil *mix design* barulah membuat adukan beton. Sebelum mencetak benda uji dilakukan pengujian beton segar, setelah didapat data dari pengujian beton segar, dilakukan proses mencetak benda uji. Untuk tahap selanjutnya dapat dilihat pada gambar 1 berikut:



**Gambar 1.** Bagan alir tahap–tahap penelitian

## PEMBAHASAN DAN HASIL ANALISIS

### 1. *Workability*

Dari hasil penelitian ini dapat diketahui seberapa besar pengaruh variasi penggunaan kadar *fly ash* terhadap sifat *workability* campuran beton. Pengaruh variasi penggunaan kadar *fly ash* pada *Self Healing Capability* dapat dilihat pada hasil pengujian *slump flow table* dan pengujian *slump* pada tabel 1 dibawah ini:

**Tabel 1.** Pengujian *Slump Flow* dan *Slump*

Kadar FA	Sampel Campur	Flow Table						Slump (cm)
		Diameter Maximal			Waktu		Kecepatan (mm/dt)	
		d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>rata-rata</sub>	t <sub>500</sub>	t <sub>max</sub>		
0%	Campur 1	680	680	680	9,34	55,21	12,32	11,5
	Campur 2	680	685	682,5	9,47	55,01	12,40	
	Campur 3	685	684	684,5	9,29	55,11	12,42	
	Rata-rata			682,33	9,37	55,11	12,38	
20%	Campur 1	709	709	709	7,69	35,71	19,85	12,3
	Campur 2	709	710	709,5	7,58	35,65	19,90	
	Campur 3	709	711	710	7,5	35,67	19,91	
	Rata-rata			709,5	7,59	35,67	19,89	
25%	Campur 1	714	716	715	7,11	30	23,83	12,5
	Campur 2	714	715	714,5	7,15	30,1	23,74	
	Campur 3	715	715	715	7,12	30,29	23,60	
	Rata-rata			714,83	7,13	30,13	23,72	
30%	Campur 1	719	718	718,5	6,46	27,51	26,12	12,8
	Campur 2	720	719	719,5	6,4	27,42	26,24	
	Campur 3	719	718	718,5	6,48	27,58	26,05	
	Rata-rata			718,83	6,45	27,53	26,14	
35%	Campur 1	724	725	724,5	6,04	25,07	28,89	13,1
	Campur 2	724	723	723,5	6,02	25,02	28,92	
	Campur 3	726	724	725	6,03	25,07	28,92	
	Rata-rata			724,33	6,03	25,05	28,91	
45%	Campur 1	729	726	727,5	5,68	23	31,63	13,5
	Campur 2	730	728	729	5,6	22,98	31,72	
	Campur 3	732	730	731	5,59	23,04	31,73	
	Rata-rata			729,17	5,623	23,01	31,69	
55%	Campur 1	740	735	737,5	4,56	19,04	38,73	14
	Campur 2	735	735	735	4,58	18,98	38,73	
	Campur 3	735	737	736	4,56	18,99	38,76	
	Rata-rata			736,17	4,57	19,00	38,74	

Dari tabel 1 di atas telah disajikan hasil dari pengujian *slump flow table* *slump* dengan beberapa variasi kadar penggantian *fly ash* yaitu 0%, 20%, 25%, 30%, 35%, 45% 55% dari berat semen yang digunakan. Dari tabel tersebut didapatkan nilai hasil pengujian *slump flow table* dari penggantian 0%, 20%, 25%, 30%, 35% memiliki *workability* lebih rendah dibandingkan dari nilai *slump flow* yang dihasilkan dari penggantian kadar *fly ash* sebesar 45% dan 55%. Terlihat pada Tabel 1 bahwa penggantian kadar *fly ash* sebesar 0% memiliki sifat *flowability* yang paling kecil dibandingkan menggunakan penggantian *fly ash*  $\geq 35\%$  (penggantian kadar *fly ash* sebesar 35%, 45% dan 55%) karena aliran campuran beton yang di-hasilkan memiliki diameter sebaran maksimal sebesar 736,17

mm, waktu alir yang dibutuhkan untuk mencapai diameter 500 mm ( $t_{500}$ ) sebesar 4,57 detik serta kecepatan aliran sebesar 38,74 mm/detik.

Dengan meningkatkan penggantian kadar *fly ash* dari kadar *fly ash* 0% menjadi kadar *fly ash*  $\geq 35\%$  dapat meningkatkan diameter sebaran maksimal sebesar 5,80% dengan kadar *fly ash* 35 %, kemudian 6,42% untuk *fly ash* 45% & 7,32% untuk kadar *fly ash* 55% dan dapat meningkatkan kecepatan aliran sebesar 57,17% dengan kadar *fly ash* 35%, kemudian 61% untuk kadar *fly ash* 45% & 68% untuk kadar *fly ash* 55%.

Sedangkan hasil pengujian *slump* pada tabel 1 menunjukkan semakin banyak penggantian *fly ash* semakin tinggi nilai *slump* yang dihasilkan. Pengujian *slump flow* dan *slump* menunjukkan bahwa pemakaian *fly ash* kadar tertentu dapat mempengaruhi sifat *workability* dari campuran beton yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan ukuran butir *fly ash* yang cenderung berbentuk bulat maka gesekan antar butir yang dihasilkan sangat kecil sehingga akan menghasilkan sifat *flowability* yang semakin baik pula.

## 2. Kuat Tekan

Dari hasil penelitian ini dapat diketahui seberapa besar pengaruh variasi penggantian *fly ash* terhadap nilai kuat tekan beton.

**Tabel 2.** Rekapitulasi pengujian kuat tekan

Kadar FA	Umur 7 hari	Umur 28 hari	Umur 56 hari
0%	19,195	26,393	26,993
20%	14,396	26,993	27,593
25%	13,197	28,793	30,592
30%	11,997	31,192	31,792
35%	9,596	33,591	35,991
45%	7,198	34,791	35,391
55%	5,998	23,994	25,194

Berdasarkan Tabel 2 penggunaan kadar *fly ash* di atas  $\geq 20\%$  memiliki nilai kuat tekan awal yang kurang baik untuk pengerjaan beton yang memerlukan waktu pengerasan dan kekuatan awal yang tinggi, karena proses pengerasan (*setting time*) dan penggantian kekuatan betonnya agak lambat pada umur beton kurang dari 28 hari.

Dimana pada umur 7 hari selisih kekuatan beton terhadap penggunaan kadar *fly ash*  $\geq 20\%$  cenderung terus menurun dari beton normal. Hal ini disebabkan karena pengaruh penggantian kadar *fly ash* dengan kadar  $\geq 20\%$  memberi dampak pada proses perkerasan yang lebih lama dibandingkan pada beton normal. Pada umur beton 28 hari, nilai kuat tekan beton mulai mengalami peningkatan, selisih peningkatan kuat tekan dari beton normal, untuk kadar *fly ash* 30% meningkat sebesar 18,2%, kemudian 27,3% untuk penggantian kadar *fly ash* 35%, beton dengan kadar *fly ash* 45% sebesar 31,8%, dari kuat tekan umur 7 hari. Untuk tetapi pada penggantian *fly ash* 55% kuat tekan beton justru menurun dari beton normal 28 hari, yaitu turun 9,9%, tetapi untuk selisih kuat tekan penggantian *fly ash* 55% dengan lama perawatan 7 hari meningkat. Pada saat umur beton 56 hari, nilai kuat tekan pada kadar *fly ash* 30–45% mulai mengalami peningkatan dari umur beton 28 hari, pada 30% mengalami peningkatan sebesar 1,8%, 35% sebesar 7,1%, tetapi untuk 45% nilai kuat tekan turun sebesar 1,7%, dan kuat tekan untuk kadar *fly ash* 55% mengalami kenaikan sebesar 5%.

Dari hasil penelitian ini dapat diketahui seberapa besar pengaruh variasi penggunaan *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen, terlihat pada umur 28 & 56 hari semakin tinggi kadar *fly ash* semakin meningkat kuat tekannya. Hasil proses hidrasi semen banyak menghasilkan hasil sampingan yaitu  $\text{Ca(OH)}_2$  atau kalsium hidroksida,  $\text{Ca(OH)}_2$  yang relatif lemah menghasilkan ruang keropos pada beton yang mengandung retak mikro (*microcrack*), sehingga akan mengurangi kepadatan dan kekuatan beton. Dengan adanya abu terbang di dalam beton, maka kristal  $\text{Ca(OH)}_2$  akan bereaksi dengan unsur silikat dan aluminat yang terkandung dalam *fly ash* dan menghasilkan *tobermorite*. *Tobermorite* tersebut berfungsi untuk mengisi pori-pori yang terdapat dalam beton. Kualitas aliran dan terjadinya *bleeding* juga mempengaruhi hasil pengujian kuat tekan beton, tetapi

*bleeding* pada penelitian ini tidak begitu tampak.

Untuk pengujian kuat tekan pada beton *SHC* mengalami peningkatan kuat tekan yang lebih besar terjadi pada penggantian *fly ash* 35% dengan lama perawatan 56 hari. Penggunaan *fly ash* pada campuran 35% jika diterapkan di lapangan dapat menurunkan biaya produksi untuk beton normal, karena bisa menghemat penggunaan semen dengan pemakaian seharusnya.

### 3. Permeabilitas

Hasil pengujian permeabilitas beton dilihat dari nilai koefisien permeabilitas beton tersebut dengan menggunakan variasi kadar penggantian sebagian semen dengan *fly ash* yang disajikan pada Tabel 3 di bawah ini :

**Tabel 3.** Rekapitulasi pengujian kuat tekan

Kadar FA	Umur 7 hari	Umur 28 hari	Umur 56 hari
0%	7,309E-09	6,887E-09	6,56E-09
20%	6,029E-09	5,146E-09	3,664E-09
25%	5,381E-09	4,248E-09	3,046E-09
30%	4,816E-09	3,828E-09	2,059E-09
35%	4,419E-09	2,944E-09	1,339E-09
45%	3,867E-09	2,665E-09	4,43E-10
55%	3,45E-09	1,186E-09	1,259E-10

Pada tabel 3 di atas dapat diketahui bahwa nilai koefisien permeabilitas beton yang paling rendah terjadi pada beton dengan kadar *fly ash* sebesar 55 % dengan nilai koefisien permeabilitas  $1,26 \cdot 10^{-10}$  m/dt, Terlihat dalam tabel koefisien terendah terdapat pada lama perawatan 56 hari, perbandingan antara lama perawatan selama 7 hari dan 56 hari adalah sebesar 57,24% untuk kadar *fly ash* 30%, 69,7% dengan kadar *fly ash* 35%, 88,54% dengan kadar *fly ash* 45% dan 96,35% dengan penggunaan kadar *fly ash* 55%, Hal ini disebabkan karena unsur silikat dan aluminat yang reaktif akan bereaksi dengan  $(Ca(OH)_2)$  yang merupakan hasil sampingan dari proses hidrasi antara semen portland dan air menjadi kalsium silikat hidrat ( $C_3S_2H_3$  atau "*tobermorite*"), Sisa *fly ash* pada reaksi

tersebut tersisa menjadi *tobermorite* cadangan, *tobermorite* cadangan ini akan mengisi ruang yang kosong pada beton, sehingga semakin rendah nilai koefisien permeabilitas beton menunjukkan bahwa beton tersebut semakin *impermeable* sehingga sulit dilewati oleh gas atau cairan, Beton yang padat dan sulit dilewati oleh gas maupun cairan membuat durabilitas beton semakin baik,

Berdasarkan ACI 301-729 (revisi 1975) (dalam Neville dan Brooks, 1987) nilai koefisien permeabilitas maksimum yang disyaratkan sebesar  $1,5 \cdot 10^{-11}$  m/dt ( $1,5 \cdot 10^{-9}$  cm/dt), Dari hasil perhitungan terlihat bahwa keseluruhan nilai koefisien permeabilitas beton tersebut tidak memenuhi syarat ACI 301-729, Tetapi dengan hasil perhitungan tersebut beton dengan *fly ash* sebagai bahan pengganti semen sudah mengalami peningkatan permeabilitas yang cukup baik.

### KESIMPULAN

Dari hasil yang telah diperoleh melalui pelaksanaan penelitian serta pembahasan yang telah dilakukan dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Untuk melihat tingkat *workability* dari adukan beton dilakukan pengujian *slump flow*, dari hasil pengujian terlihat bahwa adukan beton kadar *fly ash* 55% mempunyai kecepatan sebaran diameter 500 mm ( $t_{500}$ ) paling cepat dibanding dengan penambahan kadar *fly ash* yang lain.
2. Dari hasil penelitian penggantian *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen dapat disimpulkan bahwa diperoleh nilai maksimal kuat tekan sebesar 35,819 MPa dari variasi *fly ash* 35%, pada pengujian 56 hari, karena setelah 28 hari proses hidrasi masih berlangsung sehingga beton masih mengalami kenaikan.
3. Pada penelitian ini didapatkan hasil pengujian permeabilitas yaitu semakin besar persentase pencampuran *fly ash*, maka semakin kecil nilai permeabilitasnya. Pada persentase *fly ash* 55%, pada

- pengujian 56 hari nilai permeabilitas yang dihasilkan adalah  $1.10^{-10}$  m/dt. Penurunan permeabilitas yang terjadi menunjukkan *Self Healing Capability*, namun hasil yang diperoleh belum memenuhi persyaratan ACI 301-729 yaitu hasil yang disyaratkan sebesar  $1,5.10^{-11}$  m/dt ( $1,5.10^{-9}$  cm/dt).
4. Penggantian *fly ash* optimal adalah sebesar 35 % dengan nilai optimal dari *workability slump flow* 28,277 mm/dt, nilai optimal *workability slump* 13,043 cm, nilai optimal kuat tekan 35,819 MPa dan nilai optimal permeabilitas  $1,85E-09$  m/dt.
  2. Perlu penelitian lebih lanjut tentang *fly ash* sebagai bahan tambah sebagian semen.
  3. Dalam pembuatan beton dengan *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen diperlukan metode perencanaan selain *mix design*, perencanaan campuran dengan metode lain misalnya metode perbandingan 1 : 2 : 3, metode *trial and error*, metode *Ruddlof*, metode *ACI*, metode ASTM dan lain sebagainya.

## IMPLIKASI

Berdasarkan kesimpulan diatas, maka dapat dikemukakan implikasi sebagai berikut:

1. Penggantian *fly ash* sebesar 35% pada beton memberi pengaruh positif terhadap kuat tekan beton. kuat tekan yang dihasilkan semakin meningkat.
2. Penggantian *fly ash* sebesar 55% pada beton memberi pengaruh positif terhadap *workability* dan permeabilitas. *Workability* atau kemudahan dalam pengerjaan beton semakin meningkat begitu juga dengan permeabilitas beton, dimana nilai koefisien permeabilitas beton menurun (beton semakin kedap).
3. Penggunaan *fly ash* pada beton dapat menurunkan biaya produksi untuk beton normal yang memiliki sifat *Self Healing Capability* karena bisa menghemat penggunaan semen dengan pemakaian seharusnya.  
Penggunaan *fly ash* pada beton dapat mengurangi limbah dari batu bara, dimana limbah batu bara itu sendiri dapat memberikan dampak negatif bagi lingkungan sekitar.

## SARAN

1. Perlu dilakukan penelitian-penelitian lebih lanjut dengan membandingkan *fly ash* tipe C dengan tipe lain-lain sebagai bahan pengganti sebagian semen pada beton.



## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2002, SNI 03-2847-2002, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, Perhitungan Struktur Beton untuk bangunan Gedung*, Jakarta
- Artha, Hebri Nugroho, 2011, Pengaruh Penggunaan *Fly Ash* sebagai Pengganti sebagian Semen Terhadap *Slump Flow* dan Kuat Tekan pada *High Volume Fly Ash – Self Compacting Concrete*” Pengaruh Komposisi *Fly Ash* Sebagai Pengganti Semen dan Pengganti Agregat halus Terhadap Porositas, Kuat Tekan, dan Kualitas Permukaan Beton Memadat Mandiri,
- Handayani, Santi, 2008, Mencari Hubungan Antara Kuat Tekan dengan Faktor Air Semen dari Campuran Beton Menggunakan Material Lokal, Depok,
- Asroni, A, 2007, *Balok dan Pelat Beton Bertulang*, Yogyakarta : Graha Ilmu
- Bentz, Dale, P, and Hansen, Andrew S, 2011, *Optimization of Cement and Fly Ash Particlesizes to Produce Sustainable Concretes*, Cement and Concrete Composite, Vol 33, National Institute of Standard and Technology, Pp 824-831
- Ahmed, Izhar, 2009, *Effects of Fly Ash on Properties of Concrete as Per Is: 10262-2009*,
- Sahmaran, Mustafa, 2012, *Self-healing capability of cementitious composites incorporating different supplementary cementitious materials*,
- Mulyono, T, 2003, *Teknologi Beton*, Andi: Yogyakarta,
- Neville, A, M dan Brooks, J, J, 1987, *Concrete Technology*, John Wiley & Sons, Inc, New York: United State
- Nugraha, P & Antoni, 2007, *Teknologi Beton*, Andi: Yogyakarta,
- Samekto dan Rahmadiyanto, 2001, *Teknologi Beton*, Kanisius: Jakarta
- SK-SNI-S-04-1989-F, *Spesifikasi Agregat sebagai Bahan Bangunan*, Yayasan LPMB, Bandung,
- Sudjana, (1996), *Metode Statistik*, Bandung: Tarsito,
- Sugiyono, (2010), *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*, Bandung: Penerbit Alfabeta,
- Tjkrodimuljo, 2004, *Teknologi Beton*, Universitas Gajah Mada: Yogyakarta,
- Rdianto (2010), *Pengertian Pozzolan*, Diperoleh 05 Desember 2013, dari <http://rdianto.wordpress.com/2010/09/09/pozzolan/>